

К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ РАЗРАБОТКИ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО РЕГУЛЯТОРА

Введение

Современное транспортное средство и его силовая установка уже неотделимы от электронных блоков управления и бортовых микропроцессорных систем управления. Для автомобильных двигателей применение микропроцессорных систем управления вызвано постоянным ужесточением европейских норм на выбросы токсических компонентов с отработавшими газами (ОГ).

Обеспечить выполнение европейских норм на выбросы ОГ дизеля возможно применением ряда конструктивных мероприятий: систем топливоподачи с высокими давлениями впрыскивания 130...200 МПа; систем регулирования давления газотурбинного наддува с промежуточным охлаждением воздуха; систем рециркуляции ОГ и др. [1,2]. Основная роль в этих комплексных мероприятиях отводится системам топливоподачи с высокими давлениями впрыскивания. Новые поколения топливоподающей аппаратуры, которые серийно выпускают зарубежные производители, получают сигналы управления от микропроцессорных блоков. Например, аккумуляторная система топливоподачи типа Common Rail (CR), которая в своём составе имеет электрогидравлические форсунки, вообще работать без электронного управления не может. Диагностировать техническое состояние такой системы в процессе эксплуатации тоже без электронных блоков невозможно.

Европейскими нормами на выбросы токсичных компонентов с ОГ регламентируется пробег автомобиля с гарантией выполнения этих норм в процессе эксплуатации. Для выполнения этого требования производители автомобилей и двигателей вынуждены применять бортовые средства диагностики, которые сиг-

нализируют водителя (и запоминают «неисправность») о неполадках в системах непосредственно влияющих на токсичность ОГ. Это ещё один решающий фактор для стимулирования внедрения микропроцессорных систем управления.

Анализ последних исследований и публикаций

Наши исследования показали, что среди новых поколений систем топливоподачи наиболее перспективными являются аккумуляторные системы типа CR. На кафедре «Двигатели и теплотехника» Национального транспортного университета (НТУ, г. Киев) разрабатывается экспериментальная аккумуляторная система топливоподачи для автомобильного дизеля 4ЧН 12/14 (СМД-23.07) [3].

Выполнено теоретическое обоснование необходимости связанного управления подачей топлива и давлением наддувочного воздуха для дизеля с газотурбинным наддувом [4]. Реализовать связанное управление возможно с помощью микропроцессорного регулятора.

Работы в НТУ по созданию микропроцессорного регулятора для автомобильного дизеля проводятся совместно с отделом переработки и транспортирования природного газа Института Газа НАН Украины и базируются на многолетнем опыте современных работ по созданию систем питания и регулирования для переоборудования автотракторных дизелей для работы на газовом топливе, которыми руководил проф. К.Е.Долганов [5].

Постановка задачи работы

Целесообразно разрабатывать и выпускать микропроцессорные системы управления своего производства на базе современной элементной базы и собствен-

ного программного обеспечения.

Разработка микропроцессорного регулятора собственного производства – это новый вопрос для разработчиков топливной аппаратуры и требует привлечения специалистов электронной промышленности, и в первую очередь, специалистов, которые владеют программированием в режиме реального времени. Единая методика создания микропроцессорного регулятора для автотракторного дизеля отсутствует.

Предложена методика разработки микропроцессорного регулятора, которая базируется на собственном опыте работ кафедры «Двигатели и теплотехника» НТУ над микропроцессорным регулятором для автомобильного дизеля 4ЧН12/14 (СМД-23.07).

Основная часть

На первом этапе работ разрабатывается микропроцессорный регулятор, в котором будет реализовано связанное регулирование двумя каналами: частотой вращения коленчатого вала дизеля и давлением наддувочного воздуха [4]. Такой подход позволяет проводить безмоторные стендовые испытания экспериментальной системы регулирования, установив микропроцессорный регулятор взамен механического на ТНВД ЛСТНФ 410012, что необходимо для проверки работоспособности системы и отладки разработанного программного обеспечения.

На рис. 1 показана схема методики, по которой осуществляется разработка микропроцессорного регулятора.

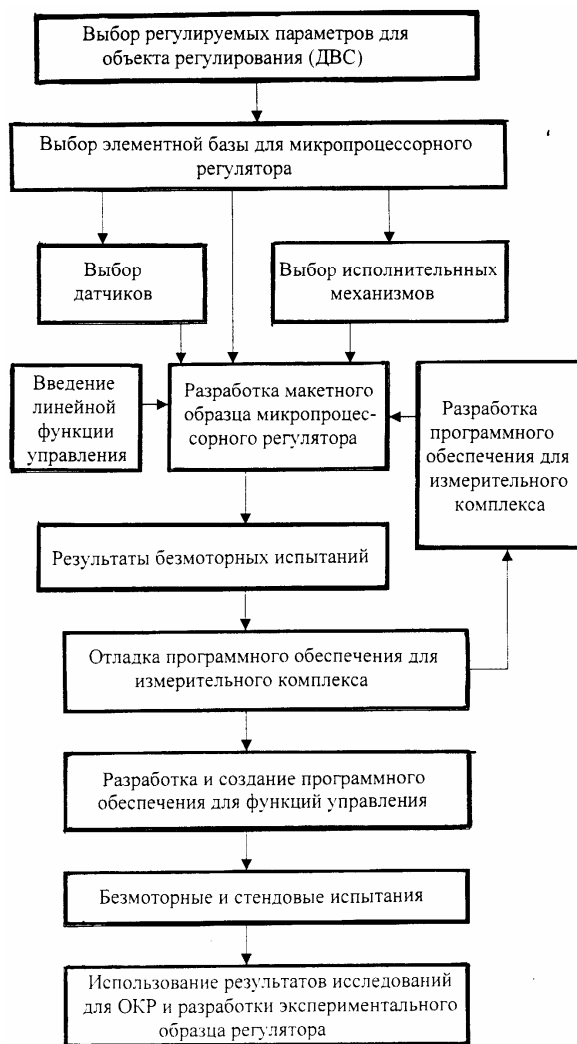


Рис. 1. Схема предлагаемой методики разработки микропроцессорного регулятора

Микропроцессорный регулятор разрабатывается на современной элементной базе. Выбран основной элемент электронного регулятора – микроконтроллер фирмы Microchip Technology Incorporated модели PIC 16F876A, который по своим функциональным возможностям подходит для решения поставленных задач. Основные технические характеристики микроконтроллера приведены в табл. 1.

На этапе разработки макетного образца микропроцессорного регулятора изготовлена плата, где кроме микроконтроллера собраны электрические схемы обработки входных сигналов от датчиков, схемы обработки выходных сигналов к исполнительным механизмам, адаптер, который через коммуникационный модуль USART в микроконтроллере осуществляет связь с персональным компьютером (ПК).

Таблица 1. Технические характеристики микроконтроллера PIC16F876A

№п/п	Параметр	Значение
1	Разрядность микроконтроллера	8
2	Тактовая частота, МГц	20
3	Количество элементарных команд (выполняются за один такт)	35
4	Объём энергонезависимой программной памяти, байт	8000
5	Объём оперативной памяти, байт	368
6	Объём энергонезависимой памяти данных, байт	256
7	Количество портов	3
8	Количество таймеров	3
9	Количество входных (10-битных) АЦП каналов	5
10	Количество ножек в корпусе	28

На первом этапе работ к схемам обработки входных сигналов подсоединены аналоговые датчики: частоты вращения коленчатого вала (индуктивный); положения рычага управлением регулятором ТНВД или положения педали «газа» (поворотный резистивный); абсолютного давления в системе газотурбинного наддува (тензорезистивные). Аналоговые сигналы фильтруются и подаются на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП), который модульно размещён в корпусе микроконтроллера. Микроконтроллер PIC 16F876A даёт возможность применять цифровые датчики.

Для всех датчиков проведена экспериментальная тарировка. Датчики частоты вращения коленчатого вала и давления наддува имеют линейные характеристики, а у датчика положения рычага управления регулятором ТНВД наблюдается некоторая нелинейность.

В качестве исполнительного механизма задействован один сервоэлектродвигатель, который кинематически связан с рейкой ТНВД.

При выборе исполнительного механизма, использовалась формула для расчета поддерживающей силы механического регулятора на номинальном режиме [6]

$$P_{\text{п.ном}} = u_p \cdot i_c \cdot f_c / \varepsilon_p,$$

где u_p - передаточное число от муфты механического регулятора к рейке;

i_c - число секций ТНВД;

$f_c = 0,3 \dots 0,4$ Н – сопротивление перемещению рейки одной секцией ТНВД;

$\varepsilon_p = 0,015 \dots 0,02$ – коэффициент нечувствительности механического регулятора.

Для электронного регулятора принимаем: $f_c = 0,4$ Н; $u_p = 1$; $\varepsilon_p = 1$. Число секций ТНВД типа ЛСТНФ 410012 равно $i_c = 4$.

Тогда

$$P_{\text{п.ном}} = 1 \times 4 \times 0,4 / 1 = 1,6 \text{ Н.}$$

Усилие $P_{\text{п.ном}} = 1,6$ Н принято как минимальное, которое должен создавать исполнительный механизм

при непосредственном действии на рейку ТНВД.

Описанный выше фрагмент микропроцессорного регулятора мы назвали измерительным комплексом. Разработано программное обеспечение для измерительного комплекса, которое в режиме реального времени опрашивает датчики 50 раз за 1 секунду. После обработки в микроконтроллере информация 5 раз в секунду передаётся на ПК, где сохраняется в табличном виде. Программное обеспечение для измерительного комплекса разработано Кострицей С.В.

При применении данного микроконтроллера только для исследовательско-измерительных целей технически возможно увеличить частоту опросов датчиков и частоту передачи обработанной информации на ПК.

Проверка работоспособности измерительного комплекса, как составной части микропроцессорного регулятора, доработка разработанных электрических схем и отладка программного обеспечения для обработки входящей информации и передачи её на схему управления исполнительным механизмом производилась при безмоторных и стендовых испытаниях.

Во время безмоторных испытаний определяли характеристики ТНВД ЛСТНФ 410012 с фиксированной рейкой.

Поэтапное перемещение и фиксацию рейки осуществлял, присоединенный к рейке, исполнительный

механизм с управлением от микропроцессорного регулятора.

Стендовые испытания дизеля с измененным комплексом (без подсоединения исполнительного механизма к рейке) проводили на статических и динамических режимах работы дизеля СМД-23.07. Осуществляли разгоны дизеля в режиме свободного ускорения при «плавном» и «мгновенном» нажатии на рычаг управления регулятором ТНВД. Фрагмент одного из «мгновенных» разгонов дизеля в режиме свободного ускорения в виде текстового файла приведен в табл. 2.

В табл.2 обозначено: τ - текущее время; n_d - частота вращения коленчатого вала дизеля; φ_p - угол поворота рычага управления регулятором ТНВД; $p_{к1}$ и $p_{вх}$ - давления на выходе и входе в компрессор; A - напряжение питания микропроцессорного блока; B - один из выходных каналов для исполнительного механизма. Все значения в табл. 2 представлены безразмерными величинами в виде кодированных цифровых сигналов. Значение текущего времени τ приведено с шагом 0,2 с. По тарифовочным зависимостям датчиков значения колонок 2-5 можно перевести в фактические параметры разгона дизеля.

Таблица 2. Значения параметров разгона дизеля СМД-23.07 в безразмерных единицах

τ	n_d	φ_p	$p_{к1}$	$p_{вх}$	A	B
1	2	3	4	5	6	7
04731	060	068	023	240	101	069
04732	060	069	022	236	101	069
04733	062	073	022	238	101	073
04734	089	084	023	240	101	084
04735	119	100	022	234	101	100
04736	158	130	021	231	101	130
04737	189	139	024	228	101	139
04738	177	141	024	229	101	140
04739	184	141	023	230	101	141
04740	179	141	022	232	101	141

Разработка функций управления для микропроцессорного регулятора это отдельный вопрос, который в данной статье не рассматривался. Предварительно необходимо выполнить расчетные исследования на математической модели.

Заключение

Создание микропроцессорного регулятора связано с программированием цифровых систем в режиме реального времени.

Предложенная методика разработки микропроцессорного регулятора для дизеля включает два этапа исследовательских работ – создание измерительного комплекса, как составляющей микропроцессорного регулятора, и реализация функций управления дизелем.

Экспериментально подтверждена работоспособность измерительного комплекса и правильность написания программного обеспечения для этой части микропроцессорного регулятора.

Список литературы:

1. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А., Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник

для вузов. – М.: Легион – Автодата, 2004. – 344 с. 2. Долганов К.С., Лисовал А.А., Гуменчук М.И., Кірюнов С.А. *Україні потрібні вітчизняні автобуси з вітчизняними малотоксичними дизелями* // Автошляховик України: Окремий випуск. Вісник Північного наукового центру ТАНУ. – 2004. – Вип. 7. – С. 26 – 29. 3. Лисовал А.А., Краснокутська З.І., Матуся В.А. *Розробка принципової схеми експериментальної акумуляторної системи паливоподачі для дизеля* // Вісник НТУ. – 2005. – № 10. – С. 144–147. 4. Лисовал А.А. *Необхідність зв'язаного управління подачею палива і повітря в дизелі з газотурбінним наддувом* // Автошляховик України. – 2006. – №2. – С. 17 – 19. 5. Долганов К.С., Лисовал А.А., Майфет Ю.П., Вознюк И.С., Кострица С. В. *Система питания и регулирования для автомобильного газодизеля* // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – №5. – С. 66–69. 6. *Тракторные дизели: Справочник* /Б.А. Взоров, А.В. Адамович, А.Г. Арабян и др.: Под общ. ред. Б.А. Взорова. – М.: Машиностроение, 1981. – 535 с.

УДК 621.43, 311.17, 311.26

П.В. Пушкар, инж.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ T-FLEX CAD 3D ДЛЯ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГОЦЕНТРОВ

Введение

Темпы развития промышленности заставляют искать пути сокращения времени проектирования, как одного из «узких» и наиболее трудоемких процессов.

Разработка автономных энергоцентров, особо актуальных в связи с принятием Программы энерго-

безопасности Украины, является весьма сложной и трудоемкой задачей. В настоящее время упростить решение этой задачи возможно только при использовании систем автоматизированного проектирования.

Цель и постановка задачи

Целью работы является обоснование и выбор наиболее производительной, надежной и полнофункциональной